

Pocket No.: M&N-IT-439

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: [Signature] Date: August 1, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Christof Matthias Schilz, et al.  
Applic. No. : 10/614,429  
Filed : July 7, 2003  
Title : Method and Apparatus for Producing Phase Shifter Mask

**CLAIM FOR PRIORITY**

Commissioner for Patents,  
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 30 675.3, filed July 4, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

[Signature]  
For Applicant

LAURENCE A. GREENBERG  
REG. NO. 29,308

Date: August 1, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/av

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 30 675.3

**Anmeldetag:** 04. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** - Infineon Technologies AG, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von  
Phasenschiebermasken

**IPC:** G 03 F, B 81 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag



**Jerofsky**

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von  
Phasenschiebermasken

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Phasenschiebermasken nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung dazu nach dem Oberbegriff des Anspruchs 6.

10 Strukturen, die mittels Lithographie z.B. bei der DRAM Herstellung auf ein Substrat aufgebracht werden, müssen zur Erreichung einer hohen Miniaturisierung immer kleiner ausgebildet werden. Ein technologisch begrenzender Faktor ist dabei die Wellenlänge des bei der Lithographie verwendeten  
15 Lichtes. Besonders kleine Strukturen können mit an sich bekannten Phasenschiebermasken (phase shift masks), wie z.B. Halbtonphasenschiebermasken oder starken, alternierenden Phasenschiebermasken hergestellt werden. Dabei wird neben dem üblicherweise bei Masken verwendeten Chrom, gezielt Material  
20 auf das Substrat aufgebracht, das eine Phasenverschiebung von bis zu  $180^\circ$  des bei der Lithographie verwendeten Lichtes erzeugt, wobei das Ausmass der Phasenverschiebung vom Anwendungsfall abhängt. Durch zerstörende Interferenz können dann sehr feine Strukturen erzeugt werden.

25

Bei der Herstellung der Phasenschiebermasken ist es wichtig, das diese möglichst defektfrei sind, da Defekte sich auf alle mit der Maske hergestellten Bauelemente übertragen würden. Defekte sind z.B. Löcher in Absorberschichten oder lokal  
30 ausgedünnte Phasenschiebermaterialien.

Bei 193 nm Lithographie ist es bekannt, Defekte durch ionenstrahlinduzierte Abscheidung dünner Polymerschichten aus der Gasphase zu reparieren. Dazu wird ein Gallium-Ionenstrahl  
35 eines FIB-Geräte (focused ion beam) durch ein organisches Gas gestrahlt. Durch die Variation des Ionenstrahls und der Parameter des Gases können lokal dünne Polymerschichten auf

## 2

dem Substrat abgeschieden werden. Die Polymerschichten bilden sich aus der Gasphase und decken Hellfeldefekte (z.B. durch fehlendes Halbtonmaterial) ab.

5 Die nächste Generation der Lithographie verwendet Licht mit einer Wellenlänge von 157 nm. Es hat sich dabei gezeigt, dass die mit Ionenstrahlen abgeschiedenen Polymerschichten unter Einfluss der 157 nm Strahlung ihre Dicke unkontrolliert ändern, insbesondere kann ein Schwund einsetzen. Dies ist  
10 nachteilig, da durch den Schwund die optische Transmission der reparierten Stelle erhöht wird. Durch den Einsatz von Gallium-Ionen bei der Abscheidung kommt es zu einer optischen, irreversiblen Schädigung durch Direktimplantation von Gallium-Ionen in das Glasmaterial der  
15 Phasenschiebermaske.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, die eine effiziente Herstellung sehr kleiner Strukturen auch bei der  
20 157 nm Lithographie erlaubt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

25 Dadurch, dass eine mindestens teilweise eine mindestens teilweise auf der Phasenschiebermaske angeordnete und / oder anzuordnende Beschichtung aus einem organischen Material mit einem Elektronenstrahl bearbeitet und / oder erzeugt wird.

30

Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Phasenschiebermaske in einem Raum mit mindestens einer gasförmigen organischen Verbindung angeordnet wird,  
mindestens eine Beschichtung aus der organischen Verbindung  
35 aus der Gasphase abgeschieden wird, mindestens ein Elektronenstrahl zumindest teilweise auf die Beschichtung der organischen Verbindung gerichtet wird und

die Beschichtung durch den Elektronenstrahl zersetzt wird, so dass eine Diffusion organischer Verbindungen aus nicht-bestrahlten Bereichen der Beschichtung einsetzt.

5

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Beschichtung mit einem Elektronenstrahl nachgehärtet wird.

10

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Beschichtung gezielt für die Reparatur von Defekten einer Halbtionschicht der Phasenschiebermaske aufgebracht.

15

Dabei ist es ferner vorteilhaft, wenn nach der Beschichtung mit dem Zersetzungsprodukt eine UV-Reinigung der Phasenschiebermaske vorgenommen wird.

20

Die Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

25

Durch ein Mittel zur Abstrahlung mindestens eines Elektronenstrahls zur Bearbeitung und / oder Erzeugung einer mindestens teilweise auf der Phasenschiebermaske angeordneten Beschichtung werden Nachteile, z.B. der Ionenstrahlabscheidung vermieden.

30

Dabei ist es vorteilhaft, wenn das Mittel zur Abstrahlung mindestens eines Elektronenstrahls zur Abscheidung mindestens einer organischen Beschichtung auf einer Phasenschiebermaske ausgebildet ist.

35

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Mittel zur Abstrahlung mindestens eines Elektronenstrahls zeilen- und / oder spaltenweise insbesondere zur Nachhärtung steuerbar ist.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1a bis e schematische Darstellungen einzelner Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10 In Fig. 1a bis 1e werden einzelne Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben. Dabei wird von einer Phasenschiebermaske 1 ausgegangen. Die Phasenschiebermaske weist in bekannter Weise ein hier weiß dargestelltes Quarzglas-Substrat 11 und ein hier schraffiert dargestelltes Absorbermaterial 12 auf, das der gezielten  
15 Phasenverschiebung dient. Bei dem Herstellungsprozess des Phasenschiebermaterials 12 auf dem Substrat 11 sei hier ein Defekt 13 im Phasenschiebermaterial 12 entstanden.

20 Im in Fig. 1b dargestellten Schritt wird eine Beschichtung 14 aus einem organischen Material aus der Gasphase abgeschieden, die den Defekt 13 überdeckt.

Als organisches Material kommt hier grundsätzliche jede organische Verbindung in Frage, die einen hohen  
25 Adsorptionskoeffizient aufweist, damit eine gute Haftung der Beschichtung auf dem Substrat 11 erfolgen kann. Die organische Verbindung sollte aber frei von Siliziumorganischen Verbindungen sein und einen hohen Kohlenstoffanteil aufweisen, z.B. aromatische Verbindungen.  
30 Beispiel für geeignete Verbindungen sind Styrol und PHOST.

Die organischen Verbindungen sollten durch UV-Strahlung in schwach sauerstoffhaltiger Atmosphäre entfernbar sein, so dass halogenhaltige Aromaten als mögliche organische  
35 Verbindungen ausscheiden.

## 5

Die Abscheidung des organischen Materials als Beschichtung 14 erfolgt hier durch einen Elektronenstrahl. Alternativ kann diese Beschichtung auch durch ein anderes Verfahren abgeschieden werden.

5

In Fig. 1c ist der Ausschnitt X (siehe Fig. 1b) dargestellt. Der Defekt wird durch die Beschichtung 14 aus organischem Material relativ weitflächig abgedeckt. Nunmehr wird erfindungsgemäß ein hier nicht dargestellter Elektronenstrahl auf die unmittelbare Region des Defektes 13 gerichtet. Diese Region ist in Fig. 1c durch das Feld Y dargestellt. Der Elektronenstrahl tastet dieses Feld zeilen- und / oder spaltenweise ab, was dazu führt, dass das organische Material aushärtet. Durch das entstehende Konzentrationsgefälle in der Beschichtung 14 diffundieren noch nicht reagierte organische Moleküle in das Feld 15 (Oberflächendiffusion), wodurch eine Verstärkung der Aushärtung erreicht wird. Die Diffusion der Moleküle ist in Fig. 1c durch Pfeile dargestellt. In Fig. 1d ist das Feld 15 im ausgehärteten Zustand dargestellt.

20

Durch die weitflächige Beschichtung und die nachfolgende Diffusion ist es nicht erforderlich, dass Gase mit extremer Genauigkeit auf die zu reparierende Stelle geführt werden müssen.

25

Über dem Substrat befindet sich eine gewisse Restmenge an Gas, die abhängig vom Partialdruck ist. Aus dieser Restmenge schlagen sich einzelne Moleküle an den Stellen nieder, an denen Adsorptionsplätze freigeworden sind.

30

Nunmehr kann die restliche Beschichtung 14 z.B. durch UV-Reinigung entfernt werden, so dass der durch das Feld 15 abgedeckte Defekt 13 übrig bleibt.

35

Die Verfahrensbedingungen der Nachhärtung hängen von der abgeschiedenen organischen Verbindung ab. Beim erstmaligen Rastern der Defektstelle muss bei niedrigen effektiven Bias-

6

Spannungen von 500 V bis 1.5 kV in der Beschichtungsanlage gearbeitet werden, um eine grenzflächennahe Dislozierung der Energie (geringe Tiefenwirkung des Elektronenstrahls) und damit eine sichere Fixierung der Moleküle zu erreichen. Die

5 Stärke des Probenstroms hängt vom Reparaturbedarf ab und liegt typischerweise zwischen 1 nA bis 10 pA, um eine gut regelbare, aber nicht zu lange dauernde Nachhärtung zu erreichen. Da die Arbeiten in einem Elektronenmikroskop ausgeführt werden, wird bei Drücken von  $10^{-6}$  torr gearbeitet.

10

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, die von dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen

15 Vorrichtung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch machen.

## Bezugszeichenliste

- |      |   |
|------|---|
| 1    | Phasenschiebermaske                         |
| 11   | Quarzglassubstrat der Phasenschiebermaske   |
| 5 12 | Absorbermaterial                            |
| 13   | Defekt im Absorbermaterial                  |
| 14   | Beschichtung aus organischem Material       |
| 15   | Feld aus ausgehärtetem organischen Material |

## Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung von Phasenschiebermasken für die  
157 nm Lithographie,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eine mindestens teilweise auf der Phasenschiebermaske (1)  
angeordnete und / oder anzuordnende Beschichtung (14, 15) aus  
10 einem organischen Material mit einem Elektronenstrahl  
bearbeitet und / oder erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
a) dass die Phasenschiebermaske (1) in einem Raum mit  
15 mindestens einer gasförmigen organischen Verbindung  
angeordnet wird,
- b) mindestens eine Beschichtung (14, 15) aus der organischen  
Verbindung aus der Gasphase abgeschieden wird,  
20 c) mindestens ein Elektronenstrahl zumindest teilweise auf  
die Beschichtung (14, 15) der organischen Verbindung  
gerichtet wird,
- 25 d) die Beschichtung (14, 15) durch den Elektronenstrahl  
zersetzt wird, so dass eine Diffusion organischer  
Verbindungen aus nicht-bestrahlten Bereichen der Beschichtung  
(14, 15) einsetzt.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Beschichtung (14, 15) mit einem  
Elektronenstrahl nachgehärtet wird.
- 35 4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung  
(14, 15) gezielt für die Reparatur von Defekten einer  
Halbtonschicht (2) der Phasenschiebermaske (1) aufgebracht

wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der  
5 Beschichtung (14, 15) mit dem Zersetzungsprodukt eine UV-Reinigung der Phasenschiebermaske (1) vorgenommen wird.

6. Vorrichtung zur Herstellung von Phasenschiebermasken für die 157 nm Lithographie,  
10 gekennzeichnet durch ein Mittel Abstrahlung mindestens eines Elektronenstrahls zur Bearbeitung und / oder Erzeugung einer mindestens teilweise auf der Phasenschiebermaske (1) angeordneten Beschichtung (14, 15).

15 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Abstrahlung mindestens eines Elektronenstrahls zur Abscheidung mindestens einer organischen Beschichtung (14, 15) auf einer  
20 Phasenschiebermaske (1) ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Abstrahlung mindestens eines Elektronenstrahls zeilen- und / oder  
(35) spaltenweise insbesondere zur Nachhärtung steuerbar ist.

## Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von  
Phasenschiebermasken

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Phasenschiebermasken (1) für die 157 nm Lithographie, dadurch gekennzeichnet, dass eine mindestens teilweise auf der Phasenschiebermaske (1) angeordnete Beschichtung (14, 15) mit einem organischen Material mit einem Elektronenstrahl bearbeitet wird. Damit ist eine effiziente Herstellung sehr kleiner Strukturen auch bei der 157 nm Lithographie möglich.

15

Fig. 1a

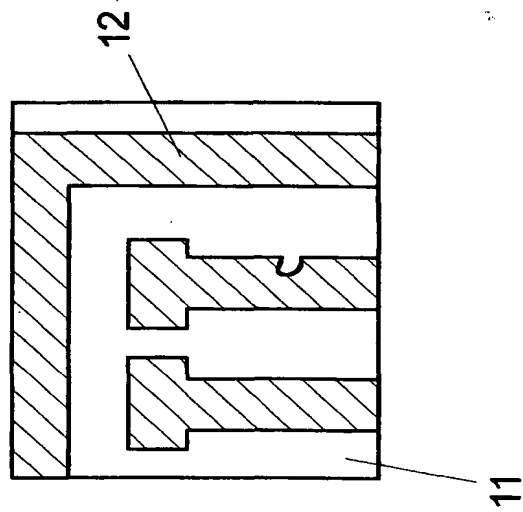


Fig. 1b

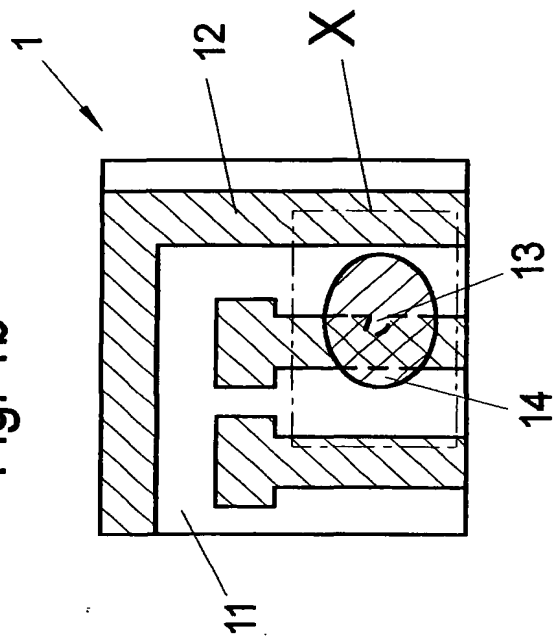


Fig. 1c

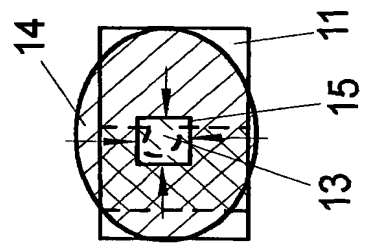


Fig. 1d

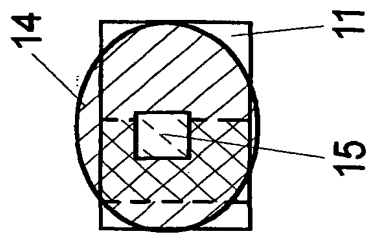


Fig. 1e

